

FN- DIALOG(R) File 347:JAPIO|

CZ- (c) 1999 JPO & JAPIO. All rts. reserv.|

TI- CURVED FACE FORMING DEVICE

PN- **62-251973 A-**

PD- **November 02, 1987** (19871102)

AU- OBA AKIO

PA- SONY CORP [000218] (A Japanese Company or Corporation), JP (Japan)

AN- 61-096490 -JP 8696490-

AD- April 25, 1986 (19860425)

IC- -4- G06F-015/62

CL- 45.4 (INFORMATION PROCESSING -- Computer Applications)

SO- Section: P, Section No. 692, Vol. 12, No. 129, Pg. 100, April 21, 1988
(19880421)

AB- **PURPOSE:** To form a solid curved face approximate to a free curved face intended by an operator by making curved face operation process on texture input information by a curved face arithmetic unit on the basis of control data from a curved face forming data inputting section.

CONSTITUTION: A curved face arithmetic unit 1 takes input information VDIN from a texture information inputting section 2 in a CPU 23 through an inputting device 21 and a bus 22 and writes it in a texture information memory 24. A curved face forming data inputting section 3 inputs parameters X_i , Y_i necessary for calculation by a mouse 31 to set a point of application CP* on the xy plane, and designates the point of application (X_i , Y_i). The unit 1 reads the parameter written in a parameter data setting section 42 by the CPU 23, executes transformation of the curved face and writes the result in a curved face data memory 45. then, the CPU 23 reads information of the memory 24 and makes mapping process on three-dimensional curved face expressed by the curved face memory, and gives the data to a display unit 4.

⑨ 日本国特許庁 (JP) ⑩ 特許出願公開
⑪ 公開特許公報 (A) 昭62-251973

⑫ Int. Cl.
G 06 F 15/62

識別記号 廣内整理番号
6615-5B

⑬ 公開 昭和62年(1987)11月2日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全10頁)

⑭ 発明の名称 曲面作成装置

⑮ 特 願 昭61-96490
⑯ 出 願 昭61(1986)4月25日

⑰ 発明者 大場 草男 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内
⑱ 出願人 ソニー株式会社 東京都品川区北品川6丁目7番35号
⑲ 代理人 弁理士 田辺 恵基

明細書

1. 発明の名称

曲面作成装置

2. 特許請求の範囲

(a) 作成すべき曲面についてのパラメータデータを操作入力し得る曲面作成データ入力手段と、
(b) 作成した曲面を用いる適用対象の外観を2次元的に表示してなるテクスチャについての画像情報を入力し得るテクスチャ情報入力手段と、
(c) 上記曲面作成データ入力手段から入力されたパラメータデータに基づいて立体曲面を表す曲面データを演算すると共に、上記曲面データに対し上記テクスチャについての画像情報をマッピングして表示装置の表示画面に表示させる曲面演算手段と、

を組みることを特徴とする曲面作成装置。

発明の詳細な説明

3. 発明の詳細な説明

以下の順序で本発明を説明する。

A 廉業上の利用分野
B 発明の概要
C 従来の技術
D 発明が解決しようとする問題点
E 問題点を解決するための手段 (第1図～第4図)
F 作用 (第1図～第4図)
G 実施例
(G1) 基本的な曲面作成方法 (第2図～第4図)
(G2) 曲面作成装置の実施例 (第1図～第5図)
H 発明の効果

A 廉業上の利用分野

本発明は曲面作成装置に関して、特にコンピュータグラフィックスにおいて、コンピュータの演算機能を利用して自由曲面を作成するようにしたものである。

B 発明の概要

本発明はコンピュータグラフィックスの手法を

用いた曲面作成装置において、原面を構成するテクスチャの画像を参照しながら自由曲面を作成できるようにすることにより、曲面の作成操作を一段と容易にし得る。

C 従来の技術

従来コンピュータグラフィックスにおいて、3次元の曲面を生成する方法として、円筒、球などの基本的な曲面（これをプリミティブ曲面と呼ぶ）のデータを予め用意しておき、これらのプリミティブ曲面を必要に応じて組み合わせることによって新しい曲面を作成するような方法や、新たに作成すべき曲面上の点をコントロールポイントとして指定し、これらのコントロールポイントを連る曲面をスプライン関数を用いて内挿して行く方法などが用いられている。

D 発明が解決しようとする問題点

これらの従来の方法は、実用上プリミティブ曲面の外観形状を基本的な形状として、各該基本的

な形状に基づいて曲面を変形処理することによって所望の曲面を得ようとしており、実用上機械的な物体の外観形状を表現する場合などに適用する限りにおいては、満足し得る曲面を作成できると考えられている。

因にスプライン関数を用いて曲面を作成する場合においても、実際には、数多くのコントロールポイントを設定しなければならぬので、当該多数のコントロールポイントを形成するために、プリミティブ曲面を用いたり、断面図を組み合わせたりすることによって、実用上許容できる範囲でコントロールポイントの設定をするようになされており、従つてこの場合も実用上はプリミティブ曲面を組み合わせた場合と同様の特徴をもつてゐる。

ところが例えば人の顔面を表す曲面を作成する場合や、乗用車の外観形状をデザインするような場合などのように、外観上柔らかな印象を与え、かつプリミティブ曲面とは異なる曲面（これを自由曲面と呼ぶ）によって表現しなければ不自然な

印象を与えるような曲面を作成しようとする場合には、原理上プリミティブ曲面の特徴の影響が強く出る従来の曲面作成方法を用いることは、実用上不十分である。

また新たな曲面を作成する際には、コンピュータによって処理される画像データによって表示画面上に表示された画像と、オペレータがコントロール設定すべきデータとの相関関係が、直感的に把握し易いものであれば、オペレータが得たいと考えている曲面にほどよく適合した曲面を容易に得ることができる点から考えて、オペレータが設定入力するパラメータと、その結果表示画面上の曲面に現れる変化とが直感的に把握し易いような対応関係をもつようになることが望ましい。

この問題を解決する方法として、特願昭60-166312号によつて開示された方法がある。

この方法は、変形前の曲面上に、局部的に作用点 $C P_i^*$ を含む変形領域 $V C F$ を指定し、作用点 $C P_i^*$ に変形ベクトル V_i^* を立てると共に、変形領域 $V C F$ 内の各変形点における相対的な変

形率を表すベクトル場関数 F_i を変形ベクトル V_i^* に演算することによって、変形領域 $V C F$ 内の曲面の変形量を表す位置ベクトル $V_i^* * F_i$ を得、この位置ベクトル $V_i^* * F_i$ によって変される変形量だけ変形領域 $V C F$ 内の各変形点を変形ベクトル V_i^* の方向に持ち上げることによって、変形後の曲面を得るようにする。

このようにすれば、曲面の変形量を表す位置ベクトル $V_i^* * F_i$ が、変形領域 $V C F$ の内部に限つて値をもつてゐるので、ベクトル場関数 F_i と変形ベクトル V_i^* との演算は当該変形領域 $V C F$ 内の点についてだけ演算すれば良いことになるので、その演算時間は、実用上リアルタイムになる。

また変形後の曲面を表す位置ベクトル P_i^* として、変形処理前の曲面を表す位置ベクトル P_{i-1}^* に曲面の変形量を表す位置ベクトル $V_i^* * F_i$ との積化式を演算することによって求めるようすれば、曲面を作成して行く際に、試行錯誤的に曲面を局所的に1ステップずつ変形

して行くことによって新たな曲面を作ることがで
き、かくして実用上オペレータが得たいと考え
いる曲面によく近似した自由曲面をインタラクテ
イブに作成できることになる。

ところで従来は曲面を表示する手段として一般
に、コンピュータの演算処理によって作成された
位置ベクトルによって表される曲面を、ワイヤフ
レームを用いてその凹凸を表現する方法が用いら
れているが、曲面の凹凸をオペレータが表示画面上
から読み取るには、実用上特殊な熟練が必要に
なる問題がある。

本発明は以上の点を考慮してなされたもので、
コンピュータの演算処理対象となる曲面を表示画
面上に表示するにつき、現在作成しようとしている
曲面を適用する対象例えば鏡面、乗用車の側面
等の外観を表すように表示できるように構成する
ことによって、オペレータが表示装置上の表示を
見ながら、インタラクティブに自由曲面を作成する
際に、オペレータが表示装置上の曲面を一段と
容易に読み取り得るようにした曲面作成装置を提

めしようとするものである。

E 問題点を解決するための手段

かかる問題点を解決するため本発明においては、
作成すべき曲面についてのパラメータデータを操作
入力し得る曲面作成データ入力手段3と、作成
した曲面を用いる適用対象の外観を2次元的に表
示してなるテクスチャについての画像情報を入力
し得るテクスチャ情報入力手段2と、曲面作成データ
入力手段3から入力されたパラメータデータに基
づいて立体曲面を表す曲面データ P_1^* を演算
すると共に、この曲面データ P_1^* に対してテ
クスチャについての画像情報をマッピングして表
示装置4の表示画面上に表示させる曲面演算手段1
とを設けるようとする。

F 作用

曲面作成データ入力手段3からパラメータデータ
が入力されたとき、曲面演算手段1は当該パ
ラメータデータに基づいて立体曲面を表す曲面デ

ータ P_1^* を演算すると共に、この曲面データ
 P_1^* に対して、テクスチャ情報入力手段2から
入力されるテクスチャについての画像情報 $V D_{1x}$
をマッピングして表示装置4の表示画面上に表示
させる。

このようにすることにより、オペレータが曲面
を作成している間に、一回の曲面作成操作が終了
するごとに、表示画面上にテクスチャがマッピング
された立体画像を表示することができるることに
より、オペレータは作成しようとしている曲面と、
現在作成されている画面との差異を容易に目視確
認することができ、かくして一段と曲面作成操作
が容易な曲面作成装置を実現し得る。

G 実施例

以下図面について、本発明の一実施例を詳述す
る。

(G1) 基本的な曲面作成方法

本発明による曲面作成装置は、基本的に次に述べ
るような処理方法によって自由曲面を作成する。

すなわち、第2図に示すように、xy平面上に
ある原面SOR上に作用点 CP_1^* (= (X_1, Y_1))を表す位置ベクトルを指定し、当該作用
点 CP_1^* を含む変形領域VCFの範囲に限って
曲面の変形演算をコンピュータによって実行する。
その演算結果は、表示装置CRT(第3図)上の
表示面DSP上に、任意に決めた視点位置から
変形後の曲面を見たと同様の変換面SCHとし
て表示することができる。

かかる変形領域VCFにおける曲面の変形は、
次の近似式

$$P_1^* = P_{1-1}^* + V_1^* * F_1(P_{1-1}^*, CP_1^*) \dots \dots (1)$$

で表される変換式を用いて近似的に演算される。

(1)式において、 P_1^* は3次元空間に形成
される変形後の曲面の各点を表す位置ベクトルで、
この位置ベクトル P_1^* は、変形前の原面SOR

上にある対応する点の位置ベクトル P_{i-1}^* と、当該変形前の位置ベクトル P_{i-1}^* からの変形量 $V_i^* * F_i (P_{i-1}^*, CP_i^*)$ の和で表される。

この変形量は、ベクトル場関数 $F_i (P_{i-1}^*, CP_i^*)$ に対して変形ベクトル V_i^* を乗算して得られる位置ベクトルで表される。

ここで、変形ベクトル V_i^* は、変形処理前の原図 SOR において、作用点 CP_i^* が指定されたとき、当該作用点 CP_i^* において原図 SOR に対して与えるべき変形の方向及び大きさをベクトル量で表したもので、これにより原図 SOR の作用点 CP_i^* は変形ベクトル V_i^* だけ持ち上げられるような変形を受けることになる。

またベクトル場関数 $F_i (P_{i-1}^*, CP_i^*)$ は、作用点 CP_i^* を含んで決められる変形領域 VCF (その大きさはパラメータを設定入力することにより指定できる) の各点 P_{i-1}^* に対して、相対的にどの程度の変形を与えるかを決める相対的な変形率の分布を表している。この相対的

な変形率の分布は、変形領域 VCF の内部にのみ値をもち、かつ周辺部に行くと「0になる」、又は「0に収束する」ようなスカラ量の分布をもつ。

従つて、変形量 $V_i^* * F_i (P_{i-1}^*, CP_i^*)$ は、変形領域 VCF の各点における変形量を表す位置ベクトルでなり、その方向は変形ベクトル V_i^* と平行な方向をもち、かつ大きさは、変形ベクトル V_i^* の大きさと、ベクトル場関数 F_i によって表される相対的な変形率の分布との乗算値 (スカラ量) をもつ。かくして変形領域 VCF の曲面の変形は、作用点 CP_i^* において変形ベクトル V_i^* の方向及び大きさで生じ、この作用点 CP_i^* から周辺部に行くに従つて変形ベクトル V_i^* の方向に、かつベクトル場関数 F_i の変形率の変化に対応して変化する大きさで生じる。

ここで、ベクトル場関数 F_i として例えばガウス分布函数のように中心点から外側に行くに従つて対称的に徐々に収束するような函数が割り当てられた場合には、変形量 $V_i^* * F_i$ は作用点 C

P_i^* 位置において変形ベクトル V_i^* の方向の最大値をもち、作用点 CP_i^* から外周部に行くに従つて変形ベクトル V_i^* の方向をもち、かつ大きさが次第に0に収束して行くような変形面が得られることになる。

このようにして1回の変形操作によって変形量 $V_i^* * F_i$ が求められ、これが変形前の位置ベクトル P_{i-1}^* と加算されて変形後の位置ベクトル P_i^* が求められる。以下同様にして変形操作が行われるたびに、(1)式によつて表される漸化式を演算することによつて、変形前の位置ベクトルに基づいて変形面を表す位置ベクトルが繰り返し漸化的に演算されて行く。

かかる漸化的な演算が繰り返された結果、最終的な変形点 P_n^* を表す位置ベクトルは次式

$$P_n^* = P_0^*$$

$$+ \sum_{i=1}^n V_i^* * F_i (P_{i-1}^*, CP_i^*)$$

…… (2)

によつて表されるように、変形開始前の原図 SOR の点 P_0^* を表す位置ベクトルに対して、 N 回の変形演算 ($i = 1 \sim N$) によつて順次得られた変形量の総和 (すなわちトータル変形量) を加算した位置ベクトルとして求められる。

かくして(2)式によれば、オペレータは原図 SOR の点 P_0^* から N 回の変形操作を順次行う際に、その都度、変形前の曲面について作用点 CP_i^* を指定することによつて、変形前の曲面 P_{i-1}^* から変形させたい位置をオペレータの判断に基づいて任意に指定できる。またベクトル場関数 F_i 及び変形ベクトル V_i^* を決めるパラメータを指定し直すことによつて、変形領域 VCF の大きさ、変形曲面の変形率分布、変形の方向を、同様にオペレータの判断に基づいて任意に設定し直すことができる。

かくしてオペレータは、1回の変形操作を実行するごとに、変形前の曲面に対して所望の位置に、所望の方向に、所望の大きさをもつ変形を加えるような操作を漸化的に積み重ねることができる。

かくするにつき、(1)式から明らかなように、変形前の位置ベクトル $P_{1,1}^*$ から変形後の位置ベクトル $P_{1,1}''$ を得るにつき、変形前の位置ベクトル $P_{1,1}^*$ に対して変形量 $V_{1,1}'' * P_1^*$ を単に加算するだけで済むので、その演算速度は実用上十分に短くできる(実験によれば1秒以下にし得た)。かくするにつき、変形量 $V_{1,1}'' * P_1^*$ を得るための演算については、ベクトル場間数 F_1 が周辺部に行くに従つて0に収束し、又は0になるような間数に選定されていることにより、変形ベクトル $V_{1,1}''$ との乗算演算を実用上リアルタイム処理と言い得る程度に十分に短い時間に短縮し得る(実験によれば1/30秒以内にし得た)。

従つて本発明による曲面作成方法によれば、オペレータが変形操作をすることに、実用上リアルタイムで変換画像を表示画面上に表示できることになり、従つて画像の変形操作をコンピュータに対してインタラクティブに実行し得る。

そこで(2)式について上述したように、原面SORの位置ベクトル $P_{1,1}^*$ から最終変形位置ベ

クトル $P_{1,1}''$ を得るまでの間に、N回の変形操作を積み重ねる間に、オペレータは試行錯誤的に変形パラメータを入力し直すことによつて、前回の変形操作によつて得られた曲面について、その変形の効果を評価しながら変形操作を続けて行くことができ、かくして1回の操作が終わるごとに、次に変形すべき操作として、曲面の「どの位置について」、「どのような広さにおいて」、「どのような方向に」、「どのような大きさ」の変形をすれば良いかを考えながら、パラメータの設定をすることができます、かくして最終的に得たいと考えている曲面に最も近い曲面を容易に得ることができます。

上述の曲面作成方法において、例えば人の顔面についての曲面を作成する実施例として、上述の(1)式及び(2)式の、ベクトル場間数 F_1 としてガウス分布間数を用いると共に、変形領域 VCF として円又は橢円形状を選定し得る。このとき、座標 (x, y) の点についての変形位置ベクトル $P_{1,1}''(x, y)$ 及び $P_{1,1}''(x, y)$ は、

(1)式及び(2)式にそれぞれ対応させて(3)式及び(4)式に示すようになる。

$$P_{1,1}''(x, y) = P_{1,1}^*(x, y) + V_{1,1}'' * \exp \left(- \left(\left(\frac{x - X_1}{\alpha_1} \right)^2 + \left(\frac{y - Y_1}{\beta_1} \right)^2 \right) \right) \quad \dots \dots (3)$$

$$P_{1,1}''(x, y) = P_{1,1}^*(x, y) + \sum_{i=1}^n V_{i,1}'' * \exp \left(- \left(\left(\frac{x - X_i}{\alpha_i} \right)^2 + \left(\frac{y - Y_i}{\beta_i} \right)^2 \right) \right) \quad \dots \dots (4)$$

このようにした場合、ベクトル場間数 F_1 は次式

$$F_1 =$$

$$\exp \left(- \left(\left(\frac{x - X_1}{\alpha_1} \right)^2 + \left(\frac{y - Y_1}{\beta_1} \right)^2 \right) \right) \quad \dots \dots (5)$$

で表されるように、xy平面上の作用点 (X_1, Y_1) を中心として、x方向及びy方向の直径が α_1 及び β_1 の橢円について、第4図に示すように、x方向及びy方向にガウス分布間数を有することになる。

このようにするとき、オペレータは、ベクトル場間数 F_1 について、作用点 $C P_1^*$ のパラメータを座標 (X_1, Y_1) に設定し、また変形領域 VCF のパラメータとしてx方向及びy方向の直径 α_1 及び β_1 を設定すると共に、変形ベクトル $V_{1,1}''$ のパラメータを設定する。かくしてオペレータは、作用点 (X_1, Y_1) を中心として、直径 α_1 及び β_1 の円又は橢円の変形領域 VCF について、作用点 (X_1, Y_1) に立てられた変形ベクトル $V_{1,1}''$ の方向に、変形ベクトル $V_{1,1}''$ を中心にして周辺部に行くに従つてガウス分布曲線を

かくように変形率が0にならかに収束して行くような変形曲面を得ることができる。

従つて変形後の位置ベクトル P_1^* (x, y) または P_x^* (x, y) で表される曲面は、変形前の原曲のうち作用点 CP_1^* を中心とした局所的な領域について、変形ベクトル V_1^* の方向にガウス分布関数で示されるような滑らかな自由曲面を呈するような曲面になる。

かくして人の頬面などのように柔らかさをもつた自由曲面について、これに適応して不自然さを生じさせないような曲面を作成することができる。

(G2) 曲面作成装置の実施例

第2図～第4図について上述した曲面作成方法は、第1図に示すような構成の曲面作成装置によつて実現し得る。

この実施例の場合ベクトル場関数 F_1 は、梢円の変形領域について、ガウス分布関数で表される変形率分布をもつて設定されている。

第1図において、1は曲面演算装置で、テクス

曲面演算装置1は、テクスチア情報入力部2から供給されたテクスチア情報入力情報 VD_{1a} を、出入力装置21、バス22を介して中央処理ユニット(CPU)23に取り込み、当該入力情報をバス22を介してテクスチア情報メモリ24に書き込むようになされている。

曲面作成データ入力部3は、上述の(3)式及び(4)式の演算に必要なパラメータを入力するための入力操作子として、マウス31、レバー32、トラックボール33を有し、マウス31によつてxy平面上の作用点 CP_1^* を設定するためのパラメータ X_1^* 、 Y_1^* を入力し、かくして(3)式及び(4)式の作用点 (X_1^*, Y_1^*) を指定する。

またレバー32は、変形領域 VCP の大きさを決めるためのパラメータ等のパラメータを入力するもので、(3)式及び(4)式におけるx方向及びy方向の径 α 及び β を設定し、さらに作用点 (X_1^*, Y_1^*) に立てるべき変形ベクトル V_1^* の方向及び高さについてのパラメータを設

チア情報入力部2から与えられるテクスチア入力情報 VD_{1a} を、曲面作成データ入力部3から入力される制御データ $CONT$ に基づいて曲面演算処理することにより、表示装置4に対して演算された曲面を表す画像出力データ VD_{out} を送出する。

この実施例の場合、テクスチア情報入力部2は映像入力装置としてテレビジョンカメラ11を有し、オペレータがデザインしようとしている対象の外観形状を2次元的な画像(例えば乗用車の側面図)として表す原図(これをテクスチアと呼ぶ)12をテレビジョンカメラ11によって撮像してテクスチア入力情報 VD_{1a} を曲面演算装置1に供給する。

この実施例の場合テクスチア情報入力部2は、テレビジョンカメラ11の他に、例えばグラフィックコンピュータ、電子スチルカメラ、ビデオディスク等で構成されたその他の映像入力装置13を有し、その映像出力をテクスチア入力情報 VD_{1a} として送り得るようになされている。

定し得る。

またトラックボール33は、曲面に対する視点位置を設定するもので、トラックボール33によつて設定した視点位置から見た曲面を表示装置4上に表示し得るようになされている。

かくしてマウス31、レバー32、トラックボール33によつて設定されたデータは、データ入力装置34を介して曲面作成制御装置35に入力される。曲面作成制御装置35は、コンピュータで構成され、曲面演算装置1に対して、マウス31、レバー32、トラックボール33の設定値に対応するパラメータデータ $CONT$ を曲面演算装置1に入力する。

曲面演算装置1は、このパラメータデータ $CONT$ を出入力装置41、バス22を介してCPU23に取り込んだ後、パラメータデータ設定部42のコマンドリストメモリに書き込むようになされている。

曲面演算装置1は、曲面を演算する動作モードに入つたとき、CPU23によつてパラメータデ

ータ設定部42に書き込まれたパラメータデータを読み出して上述の(3)式及び(4)式による曲面の変形処理を実行し、その演算結果を曲面データメモリ45に書き込んで行く。

かくして1回の曲面変形処理が終了すると、CPU23は、曲面データメモリ45の曲面データと、テクスチャ情報メモリ24に書き込まれたテクスチャ情報を読み出して、2次元的なテクスチャ情報を、曲面データが表す3次元的な曲面上にマッピング処理しながら入出力装置43を介して表示装置4に供給し、これにより変形処理された曲面上にテクスチャ情報をマッピングしてなる立体画像を表示装置4上に表示する。

従つてオペレータは、表示装置4の表示を見ながら、今回の変形処理結果を目視確認し得ると共に、変形処理が不十分であると判断した場合には、再度曲面作成データ入力部3の操作子を操作することによって新たなパラメータデータCONTを曲面演算装置1に入力することによって、インタラクティブに次回の変形処理操作を行うことができる。

PU23によつて第5回の処理手順を実行することにより、オペレータが曲面作成データ入力部3の操作子を操作することによってインタラクティブにパラメータを入力操作すれば、これに応じて曲面の作成処理を実行する。

すなわち曲面演算装置1のCPU23は、ステップSP1において当該処理手順をスタートした後、ステップSP2において原面SORの曲面を表す位置ベクトルP_{1..}°(x, y)は曲面データメモリ45に設定すると共に、テクスチャ12の画像を表すテクスチャ入力情報VD_{1..}をテクスチャ情報メモリ24に設定する。

続いてCPU23は、次のステップSP3に移つてオペレータによつて設定されたパラメータをパラメータデータ設定部42に取り込む。このときオペレータは、マウス31によつて作用点データX_{1..}、Y_{1..}を入力し、レバー32によつて極データα_{1..}及びβ_{1..}、変形ベクトルV_{1..}°を入力する。

CPU23は次のステップSP4においてオペ

ル。

当該次回の変形操作がされたとき、曲面演算装置1のCPU23は、パラメータデータCONTをデータ設定部42に書き込んだ後、曲面データメモリ45に記憶されている曲面データを読み出して、データ設定部42のデータを用いて再度(3)式及び(4)式についての変形演算を実行し、その変形演算結果を曲面データメモリ45に書き直すように動作する。

かくして新たな曲面が形成され、その3次元データが曲面データメモリ45に保存され、この曲面データをCPU23が読み出して、テクスチャ情報メモリ24のテクスチャ情報用いて新たに形成された曲面上にテクスチャの画像をマッピングして表示装置4上に表示させる。

このようにしてオペレータは、表示装置4上に表示された立体的画像を見ながら当該画像の曲面の一節をインタラクティブに変形して行くことができる。

以上の構成において曲面演算装置1は、そのC

レータによつてトラックボール33から入力される視点位置データを取り込んだ後、ステップSP5に移る。

このステップSP5は、(3)式について上述した演算を実行する。ここで変形前の位置ベクトルP_{1..}°(x, y)は曲面データメモリ45に設定されているものを用い、また、各パラメータα_{1..}、β_{1..}、X_{1..}、Y_{1..}、V_{1..}°はステップSP3においてパラメータデータ設定部42に設定されたものを用いる。

続いて曲面演算装置1は、ステップSP6において、ステップSP5で演算された変形後の位置ベクトルP_{1..}°によつて表される曲面に対してテクスチャ情報メモリ24のテクスチャ情報をマッピングしながら表示装置4に表示させる。

この状態において、曲面演算装置1のCPU23は曲面P_{1..}°の表示を継続することにより、次のステップSP7においてオペレータが表示装置4の表示を見ながら変形の程度がオペレータの要求に適応したものであるか否かを確認させる。

その後CPU23は、次のステップSP8に移つてオペレータが確認信号を入力したか否かの判断をする。

ここで否定結果が得られると、CPU23は上述のステップSP3に戻つて新たなパラメータの設定を待ち受ける状態に戻る。

このときオペレータは、ステップSP3、SP4において、新たなパラメータの設定をし直すことによりステップSP5、SP6において変形演算式の演算をし直した後表示装置4に表示させ、ステップSP8において、再度オペレータに対して変形が要求通りであるか否かの判断をさせる。

かくしてCPU23は、ステップSP3-SP4-SP5-SP6-SP7-SP8-SP3のループLOOP1によつて、オペレータが自分の要求に合う変形ができるまで繰り返し作用点CP₁の位置、変形領域VCPの大きさ、変形ベクトルV₁の方向及び高さを設定し直すことができる。

やがてオペレータが自分の設定操作に満足して

をし得る。かくして、第1回目の変形操作によつて変形した作用点CP₁とは異なる作用点CP₂について、オペレータは再度、自分の要求に合う変形操作を実行し得る。

すなわちCPU23は、オペレータがステップSP3、SP4においてパラメータの設定をすると、続くステップSP5、SP6において(3)式について位置ベクトルP₂ (x, y)の演算を実行した後該曲面を表示装置4に表示させる。この変形操作は、ループLOOP1によつてオペレータが満足するまで繰り返される。

やがてステップSP8において、オペレータによる変形操作の終了が確認されると、CPU23は、ステップSP9において、新たに入力されたパラメータデータ $\alpha_1, \beta_1, x_1, y_1, v_1$ をコマンドリストメモリの第2回目の設定操作に対応するパラメータメモリエリアN-2に格納した後、ステップSP10において操作回数1に「+1」加算して(1-3)、ステップSP11に移る。

設定終了信号を曲面作成データ入力部3を介して曲面演算装置1に入力すると、CPU23は、次のステップSP1に移つて設定されたデータ $\alpha_1, \beta_1, x_1, y_1, v_1$ を曲面演算装置1内に設けられたコマンドリストメモリの第1回目の設定操作に対応するパラメータメモリエリアN-1に、 $\alpha_1, \beta_1, x_1, y_1, v_1$ として格納した後、ステップSP10に移つて操作回数1に「+1」加算して(1-2)、ステップSP11に移る。

このステップSP11は、オペレータが変形操作を終了したか否かを確認するステップで、オペレータからの操作終了指令が入力されていないとき、CPU23は、ステップSP11において否定結果を得ることにより上述のステップSP3に戻つて、オペレータによる第2回目の変形操作(N-2)を待ち受ける状態になる。

この状態において、オペレータは新たな変形範囲の下に第1回目の曲面の変形操作によつて作成した曲面に対して、第2回目の曲面の変形操作

以下同様にして曲面演算装置1のCPU23は、オペレータが新たな変形操作をすることに上述の変形処理ループLOOP2を経つてステップSP3-SP4-SP5-SP6-SP7-SP8-SP3を実行した後、当該設定されたパラメータデータをコマンドリストメモリに格納すると共に、変形演算の結果得られた位置ベクトルP₂ (x, y)を曲面データメモリに格納、更新して行く。従つて曲面データメモリ12には、N回の変形操作によつて生じたトータル変形量の変形を受けた曲面P_N (x, y) ((4)式)が得られる。

やがてオペレータがすべての変形処理を終了すると、CPU23はステップSP12に移つて当該プログラムを終了する。

従つて第4回の曲面作成装置によれば、オペレータは1回の変形操作をする際に、マウス31、レバー32、トラックボール33を操作しながら曲面作成装置1に変換パラメータを入力することにより、曲面の変形処理を実行させることができる。かくするにつき、(1)式及び(2)式、又

は(3)式及び(4)式について上述したように、変形演算に必要な演算時間はたかだか1秒程度で済むので、実質上オペレータが変形操作をすると直ちにその変換結果が表示装置4の表示画面上に表示できることにより、オペレータが変形前の曲面のうちの一郎を必要に応じて選択して所望の形に変形させるようなバラメータを設定入力することができ、かくして全体としてインタラクティブに所望の曲面を部分的に手直しを加えながら作成していくことができる。

このようにして作成された曲面のデータは、曲面演算装置1の曲面データメモリ24に保持され、従つて必要に応じてこの曲面データメモリ45から、3次元の位置ベクトル $P_1 \dots$ で表される曲面データを必要に応じて表示装置4又は外部回路に読み出すことにより、作成された立体的な曲面を表す曲面データを得ることができる。

かくするにつき、オペレータが表示装置4を見ながら現在作成している立体曲面についてどの部分をどの程度に変形すればよいかを判断するにつ

き、当該作成された曲面を適用する適用対象の画像を2次元的に変してなるテクスチャを立体曲面にマッピングした状態で表示装置4に表示するようにしたことにより、変形曲面の目視確認を一段と容易にし得る。

因にテクスチャとして等高線、陰影等のように表示装置4の表示画面上において立体的に見えるような処置が施されたテクスチャを用いるようにすれば、さらに一段と見易い変形曲面を表示することができる。

4. 発明の効果

以上のように本発明によれば、立体的な曲面を作成するにつき、局部的に変形領域VCPを指定して繰り返し部分的に変形操作をすることによつて所望の自由曲面を作成するようにしたことにより、オペレータが生成しようと考えている自由曲面に近似した立体曲面をインタラクティブに容易に形成することができる。

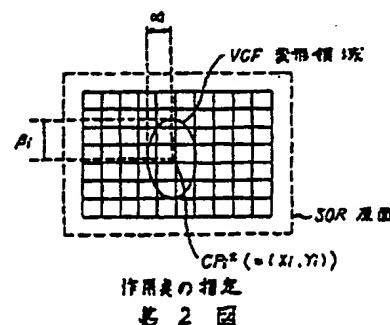
かくするにつき特に本発明によれば、形成した

立体曲面を表示装置に表示する際に、当該形成された立体曲面上にテクスチャの画像をマッピングするようにしたことにより、オペレータが作成した立体曲面を容易に目視確認することができ、(ワイアフレームの表示と比較して格段的に変形形状の形を見分け易くなる)かくして立体曲面の生成操作を一段と容易にし得る自由曲面作成装置を実現し得る。

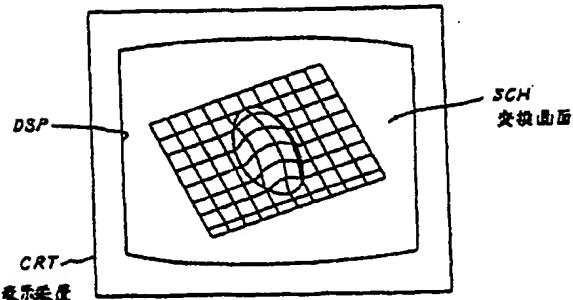
4. 図面の簡単な説明

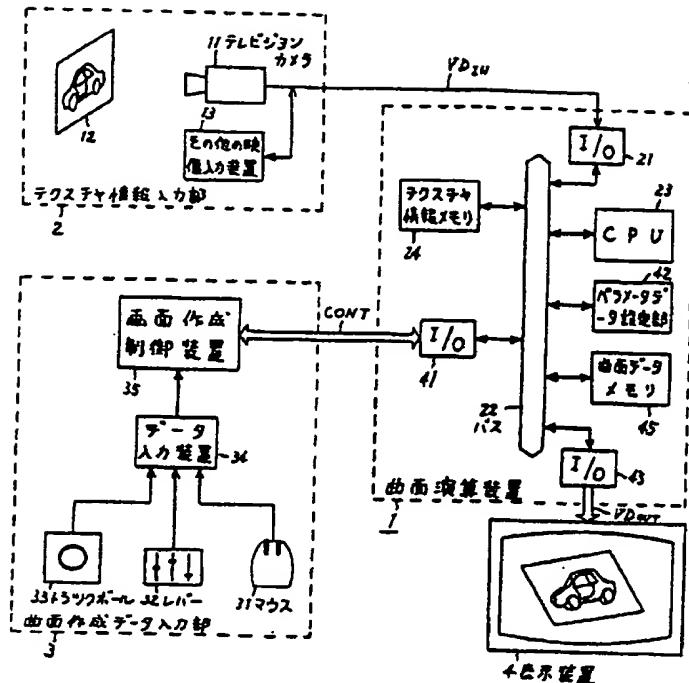
第1図は本発明による曲面作成装置の一実施例を示すブロック図、第2図、第3図、第4図はその基本的な曲面作成方法の説明に供する略線図及び特性曲線図、第5図は曲面作成処理手順を示すフローチャートである。

1……曲面演算装置、2……テクスチャ情報入力部、3……曲面作成データ入力部、4……表示装置。

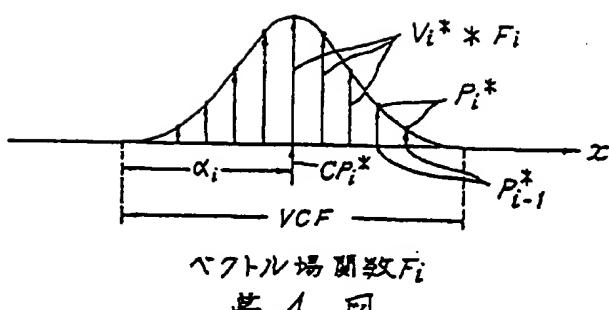


第2図

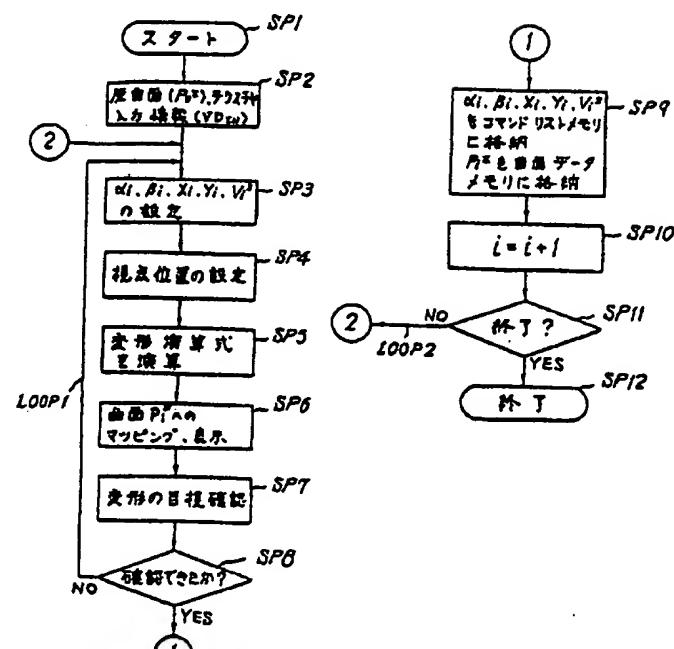
曲面の表示
第3図



実施例の構成
第1図



ベクトル場関数 F_i
第4図



曲面変形処理手順
第5図